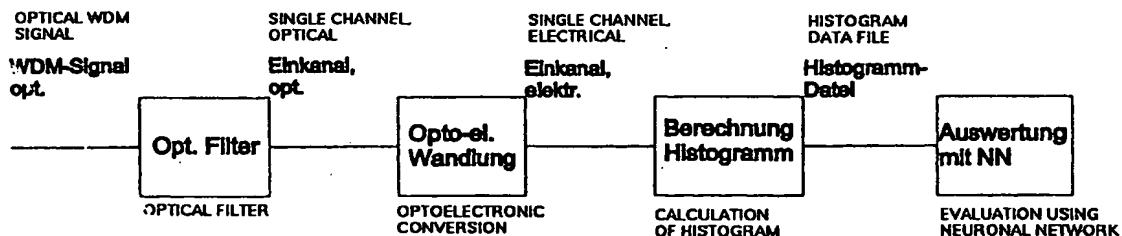




(51) Internationale Patentklassifikation 7 : H04B 10/08		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/48337 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 17. August 2000 (17.08.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/00420 (22) Internationales Anmeldedatum: 20. Januar 2000 (20.01.00)		(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Prioritätsdaten: 199 05 814.8 12. Februar 1999 (12.02.99) DE		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HANIK, Norbert [DE/DE]; Hauptstrasse 26d, D-13591 Berlin (DE). SCHMID, Herbert [DE/DE]; Feldstrasse 31, D-63512 Hainburg (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG; Rechtsabteilung (Patente) PA1, D-64307 Darmstadt (DE).			

(54) Title: METHOD FOR MONITORING THE TRANSMISSION QUALITY OF AN OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM, NOTABLY AN OPTICAL WAVELENGTH-DIVISION MULTIPLEX NETWORK

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG DER ÜBERTRAGUNGSSQUALITÄT EINES OPTISCHEN ÜBERTRAGUNGSSYSTEMS, INSbesondere EINES OPTISCHEN WELLENLÄNGENMULTIPLEXNETZES



(57) Abstract

The invention relates to a method for monitoring the transmission quality of an optical transmission system, notably of an optical wavelength-division multiplex network in which an amplitude histogram of an optical signal transmitted via said transmission system is recorded and classified by means of a neuronal net by bit error rates and/or cause of interference. The invention does not make demands on the transmission system as regards the transmission mode, format and/or cycle but can be carried out with any signals. The invention also makes it possible to attribute interference to causes of interference which cannot be detected by conventional bit rate classification.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Übertragungsqualität eines optischen Übertragungssystems, insbesondere eines optischen Wellenlängenmultiplexnetzes, bei welchem ein Amplitudenhistogramm eines über das Übertragungssystem übertragenen optischen Signals (Übertragungssignal) aufgezeichnet und mittels eines Neuronalen Netzes nach Bitfehlerraten und/oder Störungsursachen klassifiziert wird. Die Erfindung vermeidet es, an das Übertragungssystem hinsichtlich Übertragungsmodus, -format und/oder -takt Anforderungen zu stellen, sondern ist an beliebigen Signalen durchführbar. Des Weiteren ermöglicht die Erfindung die Zuordnung zu Störungsursachen, die von einer herkömmlichen Bitraten-Klassifikation nicht erfassbar sind.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BK	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren zur Überwachung der Übertragungsqualität eines optischen Übertragungssystems, insbesondere eines optischen Wellenlängenmultiplexnetzes

5 Technisches Gebiet:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Übertragungsqualität eines optischen Übertragungssystems, insbesondere eines optischen Wellenlängenmultiplexnetzes.

10 Stand der Technik:

Bei jedem optischen Übertragungssystem, insbesondere aber bei optischen Wellenlängenmultiplex-Systemen (WDM-Systemen), stellt sich das Problem der Überwachung der Übertragungsqualität, um eine bestimmte Dienstqualität

15 (Quality of Service - QoS) zu garantieren und langsame Systemverschlechterungen (Degradation) aufzuspüren zu können. Transparente optische Wellenlängenmultiplex-Systeme werden zunehmend eingesetzt, da sie in erheblichem Maße die

Kapazität und Flexibilität der heutigen Informations- und

20 Telekommunikationsnetze erhöhen. Über eine optische Lichtleitfaser wird dabei nicht nur ein optisches Signal einer einzigen Wellenlänge übertragen, sondern durch die Verwendung einer Mehrzahl von Wellenlängen werden mehrere optische Kanäle zur Verfügung gestellt, die voneinander

25 unabhängig sind. Bei optischen Wellenlängenmultiplexnetzen handelt es sich um transparente, analoge Übertragungssysteme, die in der Regel digitale Nutzsignale übertragen sollen und damit die Realisierung verschiedenster Telekommunikationsdienste ermöglichen. Eine der wesentlichen

30 Vorteile der Transparenz ist es, daß die Datenrate und das Format für jeden optischen Kanal eines Wellenlängenmultiplex-Systems unabhängig voneinander gewählt werden kann. Diese dazugewonnene Flexibilität kommt den Anforderungen der Kunden entgegen und ermöglicht es, neue

35 Dienste zu integrieren. Auf der anderen Seite ist das Garantieren einer bestimmten Dienstqualität und das Aufspüren von langsamem Systemverschlechterungen gerade

wegen des nicht festgelegten Datenformats ein ernstes Problem in transparenten Netzen.

Ein wesentlicher Parameter für die Beurteilung der

5 Dienstegqualität eines digitalen Signals bei der Übertragung über ein optisches Netz ist die Bitfehlerrate (BER). Üblicherweise werden zur Abschätzung der BER des transportierten Nutzsignals bestimmte Overhead-Bytes des gewählten Übertragungsformats (z. B. SDH, ATM, etc.) 10 ausgewertet. Dieses Verfahren kann in transparenten optischen Systemen, bei denen das Datenformat a priori nicht festgelegt ist, jedoch nicht verwendet werden. Darüber hinaus lässt die Auswertung der BER keine Rückschlüsse auf die Ursache einer eventuell auftretenden Signaldegradation 15 zu. Wird zur Beurteilung der Signalgüte dagegen lediglich das Augendiagramm des empfangenen Datensignals ausgewertet, so benötigt auch dieses Verfahren den Bit-Takt des auszuwertenden Signals. Die elektronische Gewinnung des Bit-Taktes ist mit vertretbarem Aufwand nur für feste, dem 20 auswertenden System bekannte Datenraten möglich. Diese Randbedingung schränkt die Transparenz von optischen Transportnetzen (WDM-Netze) in unakzeptabler Weise ein.

Technische Aufgabe:

25 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Überwachung der Übertragungsqualität eines optischen Übertragungssystems anzugeben, welches insbesondere zur Kontrolle eines transparenten Übertragungssystems, z.B. eines WDM-Netzes, geeignet ist, 30 bei welchem die Datenrate und das Übertragungsformat flexibel und nicht a priori festgelegt ist.

Offenbarung der Erfindung:

Die Aufgabe wird bei einem Verfahren zur Überwachung der 35 Übertragungsqualität eines optischen Übertragungssystems, insbesondere eines optischen Wellenlängenmultiplexnetzes, dadurch gelöst, daß ein Amplitudenhistogramm eines über das

Übertragungssystem übertragenen optischen Signals (Übertragungssignal) aufgezeichnet und mittels eines Neuronalen Netzes nach Bitfehlerraten und/oder Störungsursachen klassifiziert wird.

5

Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, die 10 Dienstqualität (charakterisiert durch die Bitfehlerrate BER) eines transparenten digitalen Nutzsignals, durch die Erfassung von analogen Werten unabhängig von der Datenrate zu beurteilen und die Ursache (z. B. Rauschen, Dispersion, Crosstalk...) und Stärke der Systemverschlechterung zu 15 erfassen. Im Gegensatz zu bekannten Verfahren, welche die Bitfehlerrate auf der digitalen Ebene ermitteln und somit ein analoges Übertragungssystem mit digitalen Parametern beurteilen, verwendet das erfindungsgemäße Verfahren ein wesentlich unmittelbareres Beurteilungskriterium, nämlich 20 die Amplitudenverteilung des analogen optischen Übertragungssignals. Aus dieser Amplitudenverteilung wird die Information über den Zustand des Übertragungssystems gewonnen, indem sie mittels eines Neuronalen Netzes bestimmten digitalen Parametern, nämlich bestimmten Werten 25 der BER, zugeordnet wird. Durch Auswertung eines Amplitudenhistogramms kann zudem auch auf die Art der Störung rückgeschlossen werden, die zu einer bestimmten BER führt. Diese Information steckt im wesentlichen in der Amplitudenverteilung und geht bei einer Auswertung auf 30 digitaler Ebene verloren. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht daher auch den Rückschluß auf die Ursache der Störung bzw. Degradation und damit ein gezieltes Eingreifen in das Übertragungssystems zur Behebung dieser Einflüsse. Des weiteren kann vorteilhaft auf die Kenntnis der 35 Übertragungsrate bzw. des Übertragungsformates verzichtet werden.

Das wesentliche Prinzip der Erfindung besteht darin, mit Hilfe von lernenden, neuronalen Netzen und analogen Signalwerten in Form von Amplitudenhistogrammen als Eingangs- oder Meßdaten, die BER zu beurteilen und die Ursache einer Signalverschlechterung aufzuzeigen. Dabei arbeitet das Verfahren wie folgt: Das Übertragungssignal wird mit einer optischen Erfassungseinrichtung aufgenommen, vorzugsweise einer Photodiode mit hoher Bandbreite. Das elektrische Ausgangssignal der Erfassungseinrichtung wird 10 asynchron abgetastet. Hierzu ist keine Taktrückgewinnung notwendig. Wichtig für die Abtastung ist ein willkürlich gewählter Zeitschlitz und die Sammlung einer hohen Anzahl von Abtastwerten, die alle relevanten statistischen Eigenschaften des Signals beinhalten. Auch ist es wichtig, 15 daß die Zeitschlitzte der Abtasteinheiten kurz genug sind, um auch schnelle, oszillatorische Störungen, die z. B. durch Inband-Nebensprechen (Cross-Talk) verursacht werden, zu erfassen. Das Amplitudenhistogramm kann beispielsweise mit einem Oszilloskop aufgenommen werden, welches das 20 Ausgangssignal der Erfassungseinrichtung zeitlich gerastert abfragt.

Die Daten des Amplitudenhistogramms werden normiert, um sie von absoluten Amplitudenwerten und der gewählten Skalierung 25 des Histogramms unabhängig zu machen. Anschließend werden die aufgenommenen Amplitudenhistogrammdaten geeignet vorverarbeitet, um sie dem neuronalen Netz präsentieren zu können. Dazu wird dem Amplitudenhistogramm eine bestimmte Anzahl von y-Werten entnommen, die an festgelegten x-Werten 30 des Histogrammdiagramms (vgl. Figur 2) ermittelt werden. Anschließend werden die entnommenen Werte gleichmäßig so angehoben, so dass der höchste Wert < 1 ist. Nun werden die Werte den Neuronen der Eingabeschicht präsentiert.

35 Die Anzahl der Werte entspricht der Anzahl der Eingangsneuronen des neuronalen Netzes. Das neuronale Netz propagiert die angelegten Werte durch das Netz, ordnet die

Eingabedaten einer dazugehörigen Bitfehlerratenklasse zu und zeigt als weiteren Ausgabewert die Art der Störung an. Die Funktion und Arbeitsweise von neuronalen Netzen ist in der Literatur hinlänglich beschrieben. Sie werden in der Praxis 5 auf einer Datenverarbeitungseinrichtung durch ein Computerprogramm realisiert.

Damit die eingesetzten neuronalen Netze die ihnen gestellte Aufgaben lösen können, ist es notwendig sie vorher zu 10 trainieren. Dazu werden verschiedene Trainingsmuster ausgewählt und zu einer Trainingsmusterdatei zusammengefügt. Die Trainingsmuster sind beispielsweise berechnete oder gemessene und vorverarbeitete Amplitudenhistogramme, die verschiedenen bekannten Bitfehlerratenklassen und 15 Störungsarten entsprechen.

Bei neuronalen Netzen handelt es sich um lernende konnektionistische Systeme. Sie bestehen in der Regel aus einer Schicht Neuronen, die die Eingabeschicht bilden 20 (Eingangsneuronen), einer oder mehrerer verdeckter Schichten (Hidden-Neuronen) und einer Schicht Neuronen, die die Ausgabeschicht bilden. Jedes Neuron hat eine bestimmte Übertragungsfunktion. Zwischen den Neuronen der verschiedenen Schichten bestehen Verbindungen mit 25 verschiedenen Gewichtungen (positiv, null oder negativ). Der Eingabewert eines Neurons ergibt sich durch die Gesamtheit der gewichteten Ausgabewerte der Neuronen der vorherigen Schicht.

30 Bei dem Training werden die einzelnen Gewichte der Verbindungen zwischen den Neuronen so eingestellt, daß zu der Eingabe die richtige Ausgabe erscheint. Die Funktion und Arbeitsweise der verschiedenen Trainingsalgorithmen für neuronale Netze sind prinzipiell bekannt. Vor dem Training 35 und dem Einsatz des neuronalen Netzes wird die neuronale Netztopologie und das zu verwendende Trainingsverfahren ausgewählt. Als besonders geeignet hat sich als neuronales

Netz ein Multi-Layer-Perceptron erwiesen, welches mit einer Reihe von Trainingsdatensätzen unter Verwendung der Trainingsverfahren Cascade Correlation (CC) oder Resilient Backpropagation (RProp) trainiert wurde.

5

Der Vorteil des Verfahrens ist es, daß keine mathematischen Algorithmen entwickelt werden müssen, um Aussagen über die Art einer auftretenden Störung und den Grad der Signaldegradation zu machen. Sämtliche Signale sind ohne

10 Kenntnis des Übertragungsformats und/oder des Taktes analysierbar; daher wird die Transparenz von optischen Übertragungssystemen wie WDM-Netzen optimal unterstützt und nicht eingeschränkt. Da es sich bei den neuronalen Netzen um massiv parallele Strukturen handelt, steht ein Ergebnis sehr
15 viel schneller zur Verfügung als ein durch einen mathematischen Algorithmus erzeugtes Ergebnis. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, daß sich auch bei der Beurteilung von unbekannten, nicht vorhergesehenen Eingabemustern, sinnvolle Ausgabewerte ergeben.

20

Kurzbeschreibung der Zeichnung:

Figur 1 Ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 2 ein Amplitudenhistogramm eines optischen Übertragungssignals;

25 Figur 3 die Topologie eines neuronalen Netzes in Form eines Multi-Layer-Perceptrons.

Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Aus einem optischen WDM-Signal, welches sich aus einer Vielzahl von Wellenlängenkomponenten zusammensetzen kann, wird mit Hilfe eines optischen Filters ein optischer Kanal ausgewählt. Damit fällt nur Licht in einem bestimmten, vom Filter transmittierten Wellenlängenbereich auf eine
30 opto-elektronische Wandlereinrichtung. Die Wandlereinrichtung ist ein Photodetektor, vorzugsweise eine Photodiode mit hoher Bandbreite, so daß auch schnelle
35

Änderungen des optischen Signals erfaßbar sind. Beispielsweise wird eine Photodiode mit 20 Ghz Empfangsbandbreite benutzt. Die Wandlereinrichtung gibt ein elektrisches Ausgangssignal ab, dessen zeitlicher Verlauf im wesentlichen dem des optischen Übertragungssignals der detektierten Wellenlänge entspricht. Dieses elektronische Ausgangssignal wird asynchron abgetastet, wobei die Signalhöhe zu willkürlichen Zeitpunkten, jeweils integriert über einen Zeitschlitz vorbestimmter Länge, gemessen wird.

Um ein Ausmittel von Signalschwankungen innerhalb des Zeitschlitzes zu verhindern und somit auch schnelle Signalschwankungen erfassen zu können, werden bei Datenraten im Bereich von Gbit/s Zeitschlitz in der Größenordnung von Picosekunden verwendet. Um die vollständige Statistik des Übertragungssignals zu erhalten, werden eine Vielzahl solcher Abtastwerte gesammelt, vorzugsweise einige Tausend bis einige Hunderttausend pro Histogramm. Aus den Abtastwerten wird ein Histogramm erstellt, welches die relative Häufigkeit einer bestimmten Signalamplitude bzw. eines bestimmten Abtastwertes angibt. Die Daten werden in eine Histogramm-Datei geschrieben, welche mit einem geeignet trainierten neuronalen Netz ausgewertet wird.

Figur 2 zeigt drei Beispiele für Histogramme, die der Bitfehlerratenklasse BER = 10⁻¹¹ zugeordnet sind. In Figur 2 dargestellt ist für drei Übertragungssignal die relative Häufigkeit einer bestimmten Signalamplitude. Die Amplitude ist in willkürlichen Einheiten angegeben.

Zur Anwendung des Verfahrens ist es notwendig, dass vorher die verwendeten neuronalen Netze trainiert werden. Hierzu wurden Trainingsdatensätze, wie im Folgenden beschrieben, erzeugt:

Die drei Histogramme entsprechen extern modulierten digitalen Signalen mit einer Datenrate von 5 GBit/s und einem Non Return to Zero (NRZ) Datenformat. Die digitale:

Daten wurden mit einem Zufallsgenerator der Periodizität $2^{15}-1$ erzeugt. Das Signal wurde zum einen durch Addieren einer verzögerten und gedämpften Signalkomponente zur Simulation von im Inband-Nebensprechen (crosstalk) gestört. Ein 5 verrausches Signal (noise) wurde erzeugt, indem ein dämpfendes Element und ein Erbium-Verstärker bei der Signalübertragung verwendet wurde. Ein durch Dispersion gestörtes Signal wurde erzeugt, indem Standard-Lichtleitfasern variabler Länge kaskadiert wurden. Obwohl 10 diesen drei Störungstypen im dargestellten Beispiel jeweils die gleiche Bitfehleratenklasse zugeordnet ist, erkennt man anhand der Figur 2 stark unterschiedliche Amplitudenhistogramme, anhand derer erfindungsgemäß durch Musterzuordnung auf die Störungsursache rückgeschlossen 15 werden kann. Die Unterschiede im Verlauf des Amplitudenhistogramms bei verschiedenen Störungsursachen werden erfindungsgemäß mit einem neuronalen Netz erfaßt und einer bestimmten Bitfehleratenklasse und einer oder mehrerer Störungsursachen zugeordnet. Dabei ist es auch 20 möglich, gemischte Störungsursachen zu erkennen.

Um die Auswertung der Histogramme zu automatisieren und sie Bitfehleraten-Klassen zuzuordnen, werden neuronale Netzwerke verwendet. Ein Beispiel für ein solches neuronales 25 Netzwerk, welches sich zur Durchführung des Verfahrens als besonders geeignet erweist, ist in Figur 3 dargestellt. Figur 3 zeigt die Topologie eines "Multi-Layer-Perceptron"-neuronalen Netzwerks. Dieses weist ein Eingaberegister von 50 Eingabe-Neuronen auf, die zur Eingabe von 50 Werten aus 30 dem Histogramm dienen (Eingabe-Vektor). Diese Eingabewerte werden durch das neuronale Netz auf einer Reihe von Ausgabewerten, den Ausgabe-Vektor abgebildet. Die Eingabe-Ausgabe-Relation ist nicht bekannt, sondern muß dem neuronalen Netz antrainiert werden. Sie kann modifiziert 35 werden, indem die einzelnen Gewichte der Verbindungen zwischen den Neuronen der einzelnen Schichten in einem Trainingsverfahren eingestellt werden. In diesem Fall wurde

das neuronale Netz mit dem "Back-Propagation"-Algorithmus trainiert. Er ist beispielsweise in A. Hiramatsu: Training Techniques for Neural Network Applications in ATM, IEEE Communication Magazine, Oct 1995, p. 58-67 beschrieben.

5

Um gemessene Histogramme zu Bitfehlerratenklassen zuzuordnen, wurden versuchsweise 370 Histogramme aufgezeichnet, die Übertragungssignale mit Bitfehlerraten von 10^{-12} bis 10^{-5} repräsentieren. Die Signaldegradation wurde

10 durch Rauschen, Crosstalk oder Dispersion verursacht. In einer Datenvorverarbeitung wurden 50 Werte aus jedem Histogramm zu einem Eingangsdatensatz für das neuronale Netz zusammengefaßt und als Eingabe für das neuronale Netz verwendet. Ein Teil der Eingangsdatensätze dient als

15 Trainings-Eingabemuster, der Rest als Test-Eingabemuster, um das erfindungsgemäße Verfahren zu validieren. Das neuronale Netz wird mit den Trainingsmustern trainiert, wobei einer der Trainingsalgorithmen "Resilient Backpropagation" (Rprop) oder "Cascade-Correlation" (CC) verwendet wurde. Nach der

20 Trainingsphase wurden die Testmuster verwendet, um festzustellen, ob das neuronale Netz den Test-Histogrammen die korrekte, zuvor experimentell bestimmte Bitfehlerrate zuordnet.

25 Jedes Ausgabeneuron des neuronalen Netzes in Figur 3 repräsentiert eine Bitfehlerratenklasse von 10^{-5} bis 10^{-12} . Die Amplitude des Signals am jeweiligen Ausgabeneuron gibt an, an welchem oder welchen der BER-Klassen das Eingabemuster zuzuordnen ist. In obigem Beispiel konnten die 30 aufgezeichneten Amplitudenhistogramme mit sehr hoher Sicherheit der zuvor bestimmten BER-Klasse zugeordnet werden.

Das neuronale Netz wird in einer Weiterbildung des 35 Verfahrens vorzugsweise so trainiert, daß neben der BER-Klasse auch die Störungsart dem Ausgabevektor, d.h. den Einträgen der Ausgabeneuronen, entnommen werden kann. Dazu

sind so viele Ausgabeneuronen vorzusehen, daß der Ausgabevektor die relevanten BER-Klassen sowie die relevanten Störungsarten repräsentiert. Im obigen Beispiel mit 8 BER-Klassen und 3 Störungsarten müßten daher 10

5 Ausgabeneuronen vorgesehen und das neuronale Netz entsprechend trainiert werden.

Gewerbliche Anwendbarkeit:

Die Erfindung läßt sich zur Überwachung der

10 Übertragungsqualität eines analogen optischen Übertragungssystems, insbesondere eines WDM-Netzes, vorteilhaft gewerblich einsetzen. Neben der Klassifikation der Übertragungsqualität nach bestimmten Bitfehlerratenklassen ermöglicht das erfindungsgemäße

15 Verfahren auch ein Aufspüren der Verschlechterungsursachen. Dadurch wird ein gezieltes Gegensteuern seitens des Netzkrebers zum Verhindern weiterer Systemdegradation möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Übertragungsqualität eines optischen Übertragungssystems, insbesondere eines optischen Wellenlängenmultiplexnetzes, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Amplitudenhistogramm eines über das Übertragungssystem übertragenen optischen Signals (Übertragungssignal) aufgezeichnet und mittels eines Neuronalen Netzes nach Bitfehlerraten und/oder Störungsursachen klassifiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus dem Amplitudenhistogramm Eingabedaten gewonnen werden, die einem neuronalen Netz zugeführt werden, welches aus den Eingabedaten Ausgabewerte erzeugt, und die Ausgabewerte Schätzwerten der Bitfehlerrate des Signals zugeordnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgabewerte Störungsursachen des Signals zugeordnet sind, wie z. B. Rauschen, Nebensprechen (Cross-talk), Signalverzerrungen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Amplitudenhistogramm vor der Präsentation an das neuronale Netz vorverarbeitet wird, indem es normiert und daraus eine vorbestimmte Anzahl von Daten ausgewählt wird, die den Eingangsneuronen des neuronalen Netzes zugeführt werden, wobei die Anzahl der ausgewählten Daten der Anzahl der Eingangsneuronen entspricht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Übertragungssignal nach elektro-optische Umwandlung asynchron abgetastet wird und die Abtastwerte in das 5 Amplitudenhistogramm eingehen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge des für das Abtaster des optischen Signals 10 verwendeten Zeitschlitzes derart an die Datenübertragungsrate angepaßt ist, daß auch schnelle Oszillationen der Amplitude des Übertragungssignals erfaßbar sind und nicht ausgemittelt werden.

15 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge des Zeitschlitzes in der Größenordnung Picosekunden liegt.

20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Übertragungssignal im Falle eines Wellenlängenmultiplexnetzes das über einen optischen Kanal mit einer vorbestimmten Grundwellenlänge übertragene Signal ist.

25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Neuronale Netz ein Multi-Layer-Perceptron ist, welches mit einer Reihe von Trainingsdatensätzen, deren 30 Ausgabewert bekannt ist, unter Verwendung der Trainingsverfahren Cascade Correlation (CC) oder Resilient Backpropagation (RProp) trainiert wurde.

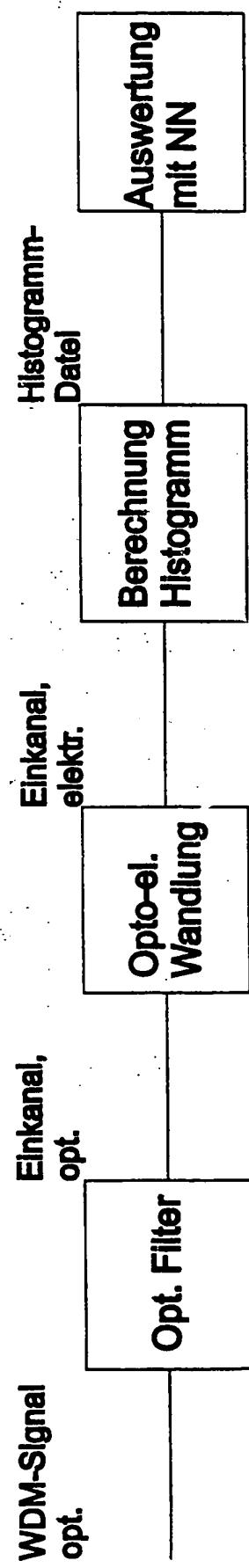
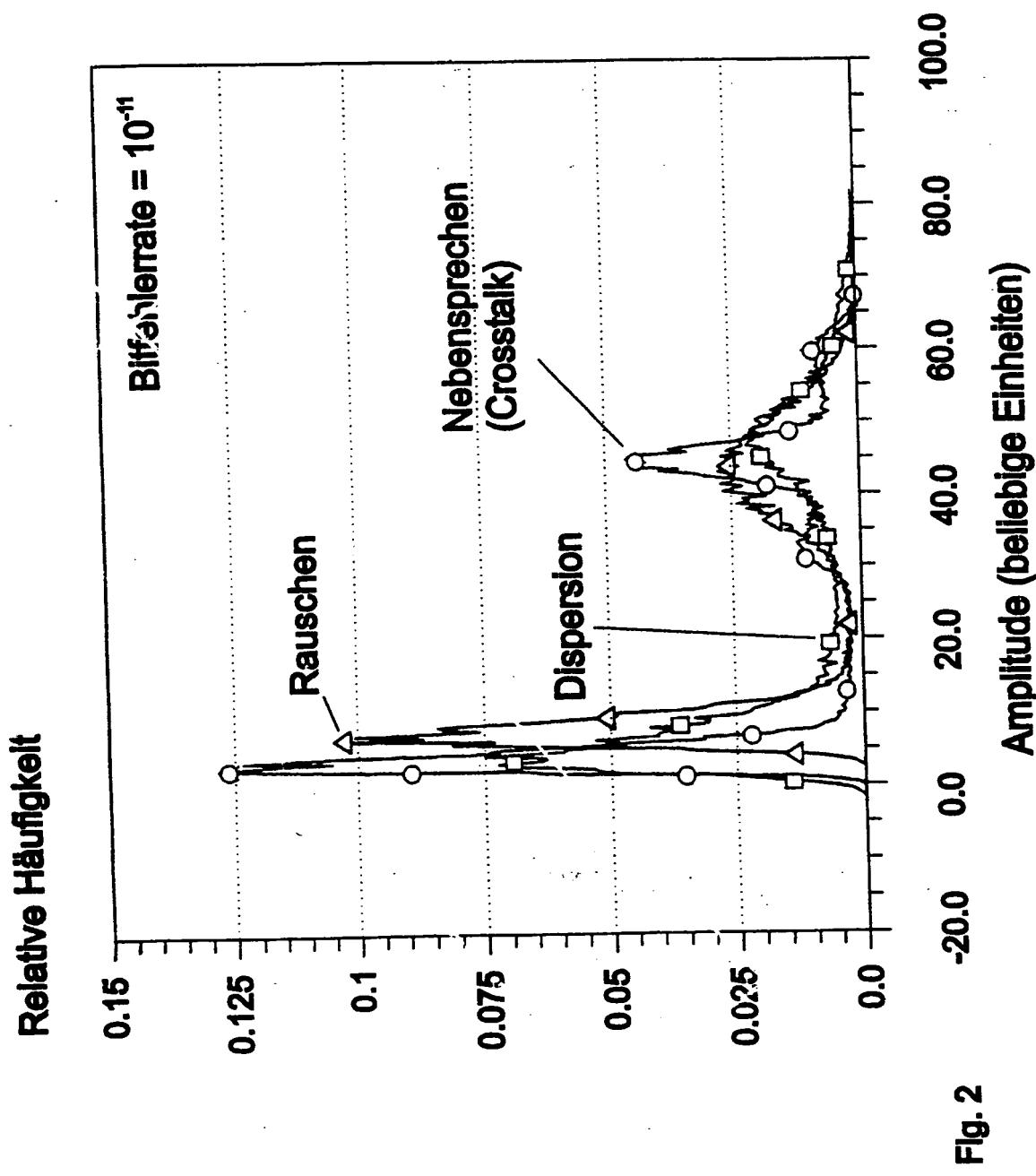


Fig. 1



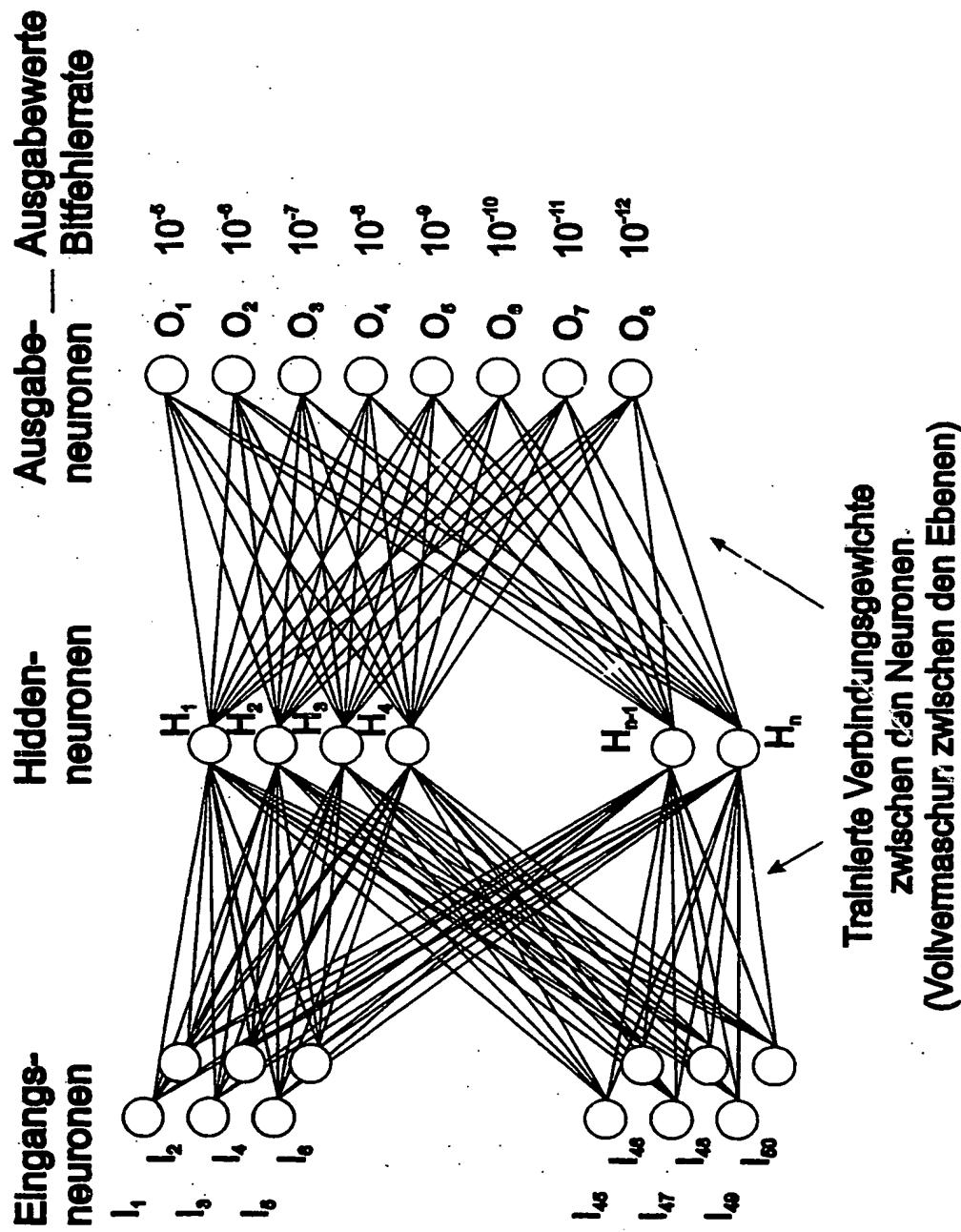


Fig. 3

Multi-Layer-Perceptron

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/00420

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04B10/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	MUELLER, HANIK, GLADISCH, FOISEL, CASPAR: "APPLICATION OF AMPLITUDE HISTOGRAMS FOR QUALITY OF SERVICE MEASUREMENTS OF OPTICAL CHANNELS AND FAULT IDENTIFICATION" ECOC98, 20 - 24 September 1998, pages 707-708, XP000887223 Madrid, Spanien page 707, right-hand column	1-4, 8
A	—	7
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 14, 31 December 1998 (1998-12-31) & JP 10 239214 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP < NTT>), 11 September 1998 (1998-09-11) abstract —	1-4, 8

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

22 May 2000

02/05/2000

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Phillips, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/00420

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>SHAKE, TAKARA, KAWANISHI, YAMABAYASHI: "OPTICAL SIGNAL QUALITY MONITORING METHOD BASED ON OPTICAL SAMPLING" ELECTRONICS LETTERS, vol. 34, no. 22, 29 October 1998 (1998-10-29), pages 2152-2154, XP000886728 page 2152, right-hand column</p>	5, 6
A	<p>ATSUSHI HIRAMATSU: "TRAINING TECHNIQUES FOR NEURAL NETWORK APPLICATIONS IN ATM" IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, US, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, N.J., vol. 33, no. 10, 1 October 1995 (1995-10-01), pages 58, 63-67, XP000545274 ISSN: 0163-6804 cited in the application the whole document</p>	9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/00420

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 10239214	A 11-09-1998	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Altenzeichen

PCT/EP 00/00420

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04B10/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch. Nr.
Y	MUELLER, HANIK, GLADISCH, FOISEL, CASPAR: "APPLICATION OF AMPLITUDE HISTOGRAMS FOR QUALITY OF SERVICE MEASUREMENTS OF OPTICAL CHANNELS AND FAULT IDENTIFICATION" ECOC98, 20. - 24. September 1998, Seiten 707-708, XP000887223 Madrid, Spanien Seite 707, rechte Spalte	1-4, 8
A		7
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 14, 31. Dezember 1998 (1998-12-31) & JP 10 239214 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>), 11. September 1998 (1998-09-11) Zusammenfassung	1-4, 8
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22. Mai 2000

02/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Phillips, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/00420

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SHAKE, TAKARA, KAWANISHI, YAMABAYASHI: "OPTICAL SIGNAL QUALITY MONITORING METHOD BASED ON OPTICAL SAMPLING" ELECTRONICS LETTERS, Bd. 34, Nr. 22, 29. Oktober 1998 (1998-10-29), Seiten 2152-2154, XP000886728 Seite 2152, rechte Spalte	5, 6
A	ATSUSHI HIRAMATSU: "TRAINING TECHNIQUES FOR NEURAL NETWORK APPLICATIONS IN ATM" IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, US, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, N.J., Bd. 33, Nr. 10, 1. Oktober 1995 (1995-10-01), Seiten 58, 63-67, XP000545274 ISSN: 0163-6804 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intell. nationale Aktenzeichen

PCT/EP 00/00420

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 10239214 A	11-09-1998	KEINE	

THIS PAGE BLANK (USPTO)